

月形成円盤のスパイラル構造について

○ 吉村洋一¹, 斎藤貴之¹, 船渡陽子², 吉田雄城³, 牧野淳一郎¹

¹ 神戸大学, ² 東京大学, ³ 惑星科学センター (CPS)

現在、月形成過程を説明する最も有力なモデルとして、ジャイアントインパクト仮説 (Hartmann & Davis 1975; Cameron & Ward 1976) が広く受け入れられている。この仮説では、原始地球に火星サイズの天体が衝突した際に放出された物質が周地球円盤を形成し、その円盤が集積することで月が誕生したと考えられている。円盤からの集積過程は N 体シミュレーションによって研究されており、従来の周地球円盤を 1 万個程度の粒子でモデル化した重力 N 体シミュレーションは、約 1 か月でロッシュ限界半径の外側に月が形成されることを示していた (e.g., Kokubo et al., 2000)。Sasaki & Hosono (2018) では、周地球円盤を 1 万粒子から 1000 万粒子まででモデル化し解像度が月集積過程に与える影響を調べた。彼らは、高解像度のシミュレーションでスパイラルアームが互いに繋がり複雑な構造ができることや月形成時間が長くなることを明らかにした。

本研究では、高解像度のシミュレーションで形成されるスパイラル構造の時間進化や力学的特性を調べた。我々は周地球円盤を 10 万粒子から 1000 万粒子まででモデル化しシミュレーションを行った。まず、面密度分布から円盤内側領域のスパイラル構造の時間進化を追跡した。その結果、高解像度のシミュレーションでは粒子の回転方向に対して広がっていくリーディングスパイラルと呼ばれる構造が形成されることがわかった。また、リーディングスパイラルの中で角度方向の不安定性が発達することがわかった。次に、局所的な Toomre の Q 値を計算してリーディングスパイラルが形成される領域の安定性解析を行った。リーディングスパイラルが現れるような高解像度シミュレーションでは、リーディングスパイラルに沿って不安定性が強くなることがわかった。高解像度のシミュレーションではリーディングスパイラルが形成され高密度領域ができることで、重力不安定性が増加しトレイリングアームへと変化すると考えられる。

これらのスパイラル構造が角運動量輸送に影響し、月形成時間を長くしていると考えられる。